

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(11) **DE 3430766 A1**

(51) Int. Cl. 4  
**G 02 B 6/14**

(21) Aktenzeichen: P 34 30 766.4  
(22) Anmeldetag: 21. 8. 84  
(43) Offenlegungstag: 6. 3. 86

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

(72) Erfinder:  
Stocker, Helmut, Dr.-Ing., 8000 München, DE

(54) Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung

Zur Modenmischung bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle gespeisten Lichtwellenleiter ist dieser in der Nachbarschaft der Lichtquelle formschlüssig von einem unter nichtmechanischer Anregung sich elastisch verengenden Körper umgeben, der wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt wird. Dabei kann es sich um einen piezoelektrischen oder um einen magnetostriktiven Körper handeln.

FIG 1

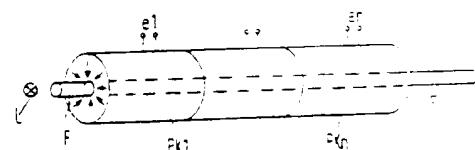
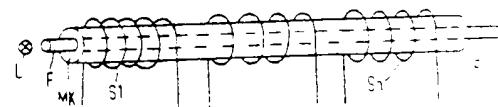


FIG 2



**DE 3430766 A1**

Patentansprüche

1. Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle (L) gespeisten Lichtwellenleiter (F) unter Einwirkung mechanischer Kräfte auf mindestens einen vorzugsweise der Lichtquelle (L) unmittelbar benachbarten Lichtwellenleiterabschnitt,  
5 durch gekennzeichnet,  
daß der (die) Lichtwellenleiterabschnitt(e) formschlüssig jeweils von einem unter nichtmechanischer Anregung sich elastisch verengenden Körper (PK) umgeben ist  
10 (sind), der periodisch oder unregelmäßig wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt wird.
- 15 2. Anordnung nach Anspruch 1,  
durch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein solcher Lichtwellenleiterabschnitt formschlüssig von einem piezoelektrischen Körper (PK) umgeben ist.
- 20 3. Anordnung nach Anspruch 1,  
durch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein solcher Lichtwellenleiterabschnitt formschlüssig von einem magnetostriktiven Körper umgeben ist.
- 25

30

35

Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 84 P 16210E

5

Anordnung zur Modenmischung bzw. -anregung.

---

10

Neuere Entwicklungen der Fernmeldetechnik führen zunehmend zu Telekommunikationssystemen, in denen eine Nachrichtenübertragung mit Hilfe von in Fasern bestimmten Brechungsindexprofilen geführten Lichtwellen (Lichtstrahlen) vor sich geht. Die Lichtwellenleiter-Technik unterscheidet dabei verschiedene Fasertypen, so die Multimode-Stufenindexfaser, die (Multimode-)Gradientenfaser und die Monomode(-Stufenindex)-Faser.

20

In einer Multimode-Faser, d.h. in einem Lichtwellenleiter, dessen Kerndurchmesser groß ist gegenüber der Lichtwellenlänge, ist eine Vielzahl von Lichtwellenformen (Moden) ausbreitungsfähig, die sich u.a. durch Feldverteilung und Ausbreitungsgeschwindigkeit unterscheiden. Solange sich diese Wellenmoden unabhängig voneinander ausbreiten, ist die Übertragungsbandbreite der Faser infolge der durch Überlagerung von Moden verschiedener Laufzeit hervorgerufenen Signalverzerrung (Modendispersion) reziprok zur Faserlänge.

25

Durch Inhomogenitäten der Fasergeometrie und des Brechungsindexprofils kommt es indessen zu einer allmählichen Energiediffusion zwischen verschiedenen Moden:

An der Grenzfläche zwischen Faserkern und Faserman-  
35 tel entsteht durch geometrische Unregelmäßigkeiten

die sog. Wellenleiterstreuung, die zum einen bewirken kann, daß zwischen den einzelnen im Faserkern geführten Moden ein Energieaustausch (Modenkopplung) stattfindet, was den Effekt der Modendispersion entsprechend ver-  
5 ringert; zum anderen bewirkt diese Streuung einen Energieaustausch von den (im Faserkern) geführten Moden zu den Strahlungs-Moden im Fasermantel, die dadurch ange-  
rengt werden (und damit zu einer erhöhten Dämpfung führen).

10 Ähnlich wie bei der Wellenleiterstreuung verursachen kleine Faserkrümmungen (in der Größenordnung einiger mm) einen Energieaustausch von den Außenmoden des Faserkerns in die Strahlungs-Moden des Fasermantels, die dadurch angeregt werden (und damit wiederum  
15 Dämpfungsverluste in Lichtwellenleiter bewirken).

Ebenso führt eine Faserverdünnung, bei der im Faserkern geführtes Licht unter steilerem Winkel auf die Innenseite des Fasermantels trifft, dazu, daß Licht in den Fasermantel überkoppelt; von dort zieht  
20 es sich bei nachfolgender hinreichender Aufweitung des Querschnitts wieder in den Faserkern zurück.

Als Folge der Modenmischung hat die Bandbreite langer Multimodefasern einen höheren Wert, als er sich aus Messungen an kurzen Fasern bei linearer Extrapolation  
25 ergibt.

Die in einem Lichtwellenleiter geführte Lichtleistung ist in der Praxis meist nicht gleichmäßig auf alle ausbreitungsfähigen Moden verteilt, insbesondere darum,  
30 weil diese von der Lichtquelle, bedingt durch deren Art und Positionierung und die daraus resultierenden Lichteinkoppelbedingungen, nicht gleichmäßig angeregt wurden. Wieviel Licht aus einer gegebenen Lichtquelle überhaupt in die Faser eingekoppelt werden kann,

hängt von der numerischen Apertur  $A_N$  - d.i. der Sinus  $\sin \theta_A = \sqrt{n_{\text{Kern}}^2 - n_{\text{Mantel}}^2}$  des sog. Akzeptanzwinkels  $\theta$ , um den eingekoppelte Lichtstrahlen maximal von der Faserachsrichtung abweichen dürfen - , von dem jeweiligen Faserkernradius und von dem jeweiligen Brechungsindexprofil ab. So wird bei Lichteinkopplung durch eine im Vergleich zum Faserkernquerschnitt großflächige (Lumineszenz-)Diode z.B. von einer Stufenindexfaser, bei der der Akzeptanzwinkel über den Faserkernradius hinweg konstant ist, zweimal so viel an Lichtleistung akzeptiert wie von einer Gradientenfaser, bei der der Akzeptanzwinkel von der Faserachse zum Fasermantel hin immer kleiner wird. Bei Lichteinkopplung durch eine Lichtquelle mit kleiner strahlender Fläche oder mit scharfer Lichtbündelung (kleinflächige Lumineszenz- bzw. Laserdiode) ist die Gradientenfaser weniger benachteiligt, doch ist gerade in solchen Fällen die Strahldichte im Lichtwellenleiter ungleichmäßig verteilt.

Aus den vorstehenden Darlegungen wird ersichtlich, daß sich insbesondere bei von optischen Sendern mit verhältnismäßig kleinem Leuchtfleckdurchmesser gespeisten Lichtwellenleitern eine stationäre Modenleistungsverteilung erst nach längerer Laufzeit auf dem Lichtwellenleiter einstellt. Um schon nach möglichst kurzer Laufzeit zu einer stationären räumlichen und winkelmäßigen Verteilung des Lichts längs des Faserkerns zu gelangen, kann man einen Modenmischer vorsehen, der das Wellenleiter-Licht entsprechend vermischt bzw. verkoppelt. In diesem Zusammenhang ist es (aus DE-OS 29 44 977) bekannt, zwischen der Lichtquelle und dem eigentlichen Lichtwellenleiter einen durch hintereinander angeordnete Lichtwellenleiterstücke unterschiedlicher

Brechungsindexverteilung gebildeten Modenmischer einzufügen, der einen Energieaustausch unter den in den Lichtwellenleiter eingekoppelten Wellenmoden bewirkt. Um zusätzlich auch das von einer Lichtwelle geringerer

5 numerischer Apertur ausgestrahlte Licht im Lichtwellenleiter auf dessen volle numerische Apertur auszuweiten, ist es (aus DE-OS 32 18 014) auch bekannt, in dem zwischen Lichtquelle und Lichtwellenleiter eingefügten Lichtwellenleiterstück neben den

10 von der Lichtquelle eingespeisten Wellenmoden weitere neue Wellenmoden anzuregen und dazu an mindestens einer Stelle des Lichtwellenleiterstücks, vorzugsweise an der Splei3stelle zweier Lichtwellenleiter-Teilstücke, eine dazu parallel liegende kurze Blindfaser seitlich anzuschmelzen, so daß aufgrund der dabei entstehenden Krümmung des lichtleitenden Faserkerns an dieser Stelle zusätzliche neue Wellenmoden angeregt werden.

15

20 Der Einsatz von Modenmischern ist natürlich auch mit entsprechenden Dämpfungseffekten verbunden, und die Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, solche Dämpfungseffekte zu verringern. Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Modenmischung

25 bzw. -anregung in einem von einer Lichtquelle gespeisten Lichtwellenleiter unter Einwirkung mechanischer Kräfte auf mindestens einen vorzugsweise der Lichtquelle unmittelbar benachbarten Lichtwellenleiterabschnitt; diese Anordnung ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß der (die) Lichtwellenleiterabschnitt(e) formschlüssig jeweils von einem unter nichtmechanischer Anregung sich elastisch verengenden Körper umgeben ist (sind), der periodisch oder in unregelmäßigen zeitlichen Abständen wiederholt zu einer solchen Verengung angeregt

30

35 wird.

In einer solchen Anordnung kommt es einerseits nach

Maßgabe der wiederholt angeregten Verengung der die Lichtwellenleiterabschnitte formschlüssig umgebenden Körper und der damit bewirkten elastischen Deformation der eingeschlossenen Lichtwellenleiterabschnitte

- 5 zu einer Modenmischung bzw. -anregung, wobei diese elastische Deformation andererseits nur eine ihrem zeitlichen Mittelwert entsprechende Dämpfung der Übertragenen Lichtleistung mit sich bringt; damit wird aber die prinzipielle Möglichkeit zu einem Aus-10 gleich zwischen Forderungen nach einer wirksamen Modenmischung bzw. -anregung und nach einer geringen Einfügungsdämpfung der Anordnung eröffnet.

- 15 Weitere Besonderheiten der Erfindung werden aus der nachfolgenden näheren Erläuterung zweier Ausführungsbeispiele einer Anordnung gemäß der Erfindung anhand der Zeichnung ersichtlich.

- 20 In der Zeichnung ist in FIG 1 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung gemäß der Erfindung dargestellt, in dem eine Lichtwellen leitende Faser F in der Nähe einer in FIG 1 nur schematisch angedeuteten speisenden Lichtquelle L durch piezoelektrische Hohlzylinder 25 PK1,...PKn hindurch verläuft, von denen sie dabei formschlüssig umgeben ist. Die Möglichkeit, Piezokeramik in vielfältigen geometrischen Formen herzustellen, ist an sich bekannt, so dass hier darauf nicht weiter eingegangen zu werden braucht. Bei Anlegen einer elektrischen Spannung an die in FIG 1 nur schematisch angedeuteten Leitungsanschlüsse el,...en der piezoelektrischen Hohlzylinder mögen sich diese elastisch verengen, wie dies in FIG 1 durch entsprechende radial nach innen weisende Pfeile angedeutet ist; dabei üben die Zylinder
- 30
- 35

PK auf die Lichtleitfaser F einen entsprechenden Druck aus, der zu einer elektrischen Deformation der Lichtleitfaser F führt. Schaltet man die elektrische Spannung wieder ab, so klingen die Verengung der piezokeramischen

5 Hohlzylinder PK und die entsprechende Deformation der Lichtleitfaser F wieder ab. Wird von der Lichtquelle L Licht in die Lichtleitfaser F eingespeist, so kommt es aufgrund der Deformation der Lichtleitfaser F in dieser zu einer Modenmischung bzw. -anregung.

10 Durch periodisches (oder auch unregelmäßig vor sich gehendes) An- und Abschalten der Steuerspannung oder auch durch Anlegen einer Wechsel- bzw. Mischspannung gewählter Frequenz kann dann eine sich entsprechend wiederholende Verengung (und Wiederausweitung) der

15 piezoelektrischen Hohlzylinder PK und damit eine entsprechende Modenmischung bzw. -anregung in der Lichtleitfaser F bewirkt werden.

In FIG 2 ist ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung gemäß der Erfindung dargestellt, in dem eine Lichtwellen leitende Faser F von einem magnetostriktiven Körper MK formschlüssig umgeben ist, der seinerseits im Magnetfeld von Spulen S1,...Sn liegt. Fließt durch die Spulen S ein Strom, so möge sich der magnetostriktive Körper MK elastisch verformen und eine entsprechende Deformation der Lichtleitfaser F bewirken; wird der Strom wieder abgeschaltet, so klingen diese Verformungen wieder ab. Wird von der in FIG 2 wiederum nur schematisch angedeuteten Lichtquelle L Licht in die 20 Lichtleitfaser F eingespeist, so kommt es aufgrund der Deformation der Lichtleitfaser F in dieser zu einer Modenmischung bzw. -anregung. Durch periodisches (oder auch unregelmäßig sich gehendes) An- und Abschalten des Steuerstroms oder auch durch Anschalten eines

25 Wechsel- bzw. Mischstromes gewählter Frequenz kann

30

35

- 7 -

dann eine sich entsprechend wiederholende Deformation des magnetostruktiven Körpers MK und damit eine entsprechende Modenmischung bzw. -anregung in der Lichtleitfaser L bewirkt werden.

In der Zeichnung ist eine gerade Durchführung der Lichtleitfaser F durch den sie formschlüssig umgebenden, zu elastischer Verformung wiederholt angeregten Körper 10 (PK in FIG 1, MK in FIG 2) dargestellt, ohne daß die Erfindung indessen darauf beschränkt wäre; die Durchführung kann vielmehr in ihrem Verlauf ggf. auch ein- oder mehrfach gekrümmmt oder auch gewunden sein, ohne daß dies in der Zeichnung noch dargestellt werden 15 müßte.

20

25

30

35

3430766

Nummer: 34 30 766  
Int. Cl.: G 02 B 6/14  
Anmeldetag: 21. August 1984  
Offenlegungstag: 6. März 1986

3.

FIG 1

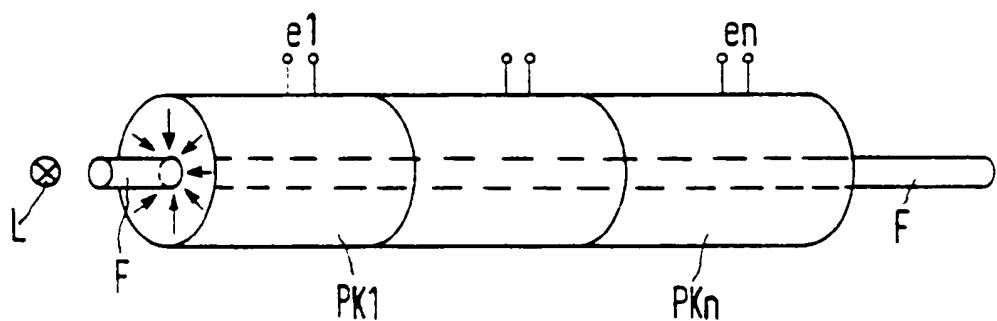


FIG 2

